

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-311677
 (43)Date of publication of application : 09.11.1999

(51)Int.Cl.

G01T 1/167
 G21C 17/06

(21)Application number : 10-119098

(71)Applicant : ALOKA CO LTD

(22)Date of filing : 28.04.1998

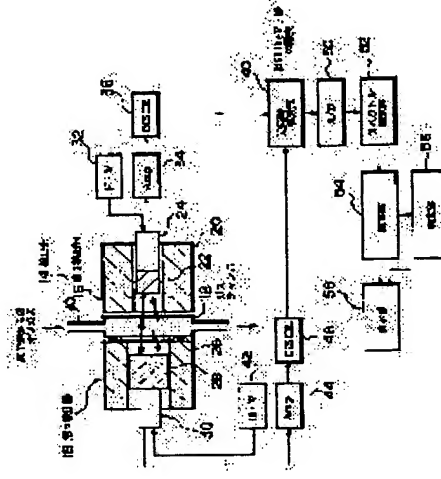
(72)Inventor : MATSUBARA SHOHEI

(54) RADIOACTIVE GAS MONITOR AND FUEL ROD SURVEILLANCE DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To exclude the effect of ^{13}N gas produced by activation during monitoring offgas taken out of reactor and existing in a large quantity and determine abnormality of fuel rod.

SOLUTION: On both sides of a gas chamber 12 in which offgas is introduced, a first detector 16 and a second detector 18 are provided. For each annihilation of a positron emitted from ^{13}N , two annihilation γ -rays are emitted in directions opposite to each other, which are simultaneously detected by both the first detector 16 and the second detector 18. Such a specific annihilation γ -rays are eliminated by anticoincidence count, so that the γ -rays from rare gas are measured with good sensitivity. In an operation part 54, each of species concentration is operated based on the spectrum. In a determining part 56, abnormality of fuel rod is determined and the degree of leakage is determined, based on the concentration ratio of at least two species with different half lives.



LEGAL STATUS

J1017 U.S. PTO
 10/084425



02/28/02

2002/02/14

[Date of request for examination]
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision
of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-311677

(43) 公開日 平成11年(1999)11月9日

(51) Int.Cl.⁸

G 0 1 T 1/167

G 2 1 C 17/06

識別記号

F I

G 0 1 T 1/167

G 2 1 C 17/06

B

M

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-119098

(22) 出願日 平成10年(1998)4月28日

(71) 出願人 390029791

アロカ株式会社

東京都三鷹市牟礼6丁目22番1号

(72) 発明者 松原 昌平

東京都三鷹市牟礼6丁目22番1号 アロカ

株式会社内

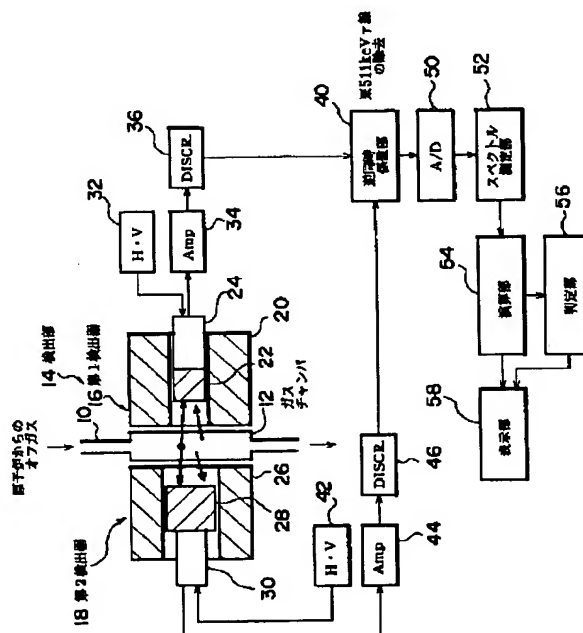
(74) 代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

(54) 【発明の名称】 放射性ガスモニタ及び燃料棒監視装置

(57) 【要約】

【課題】 原子炉から放出されるオフガスの検出に当たって、多量に存在する ^{13}N の影響を排除する。また、燃料棒の異常を判定する。

【解決手段】 オフガスが導入されるガスチェンバ12の両側には第1検出器16及び第2検出器18が設けられる。 ^{13}N から放出される陽電子の消滅により互いに反対方向に2つの消滅 γ 線が放出され、それらが第1検出器16及び第2検出器18の両方で同時に検出される。そのような特有の消滅 γ 線を逆同時計数(アンチコインシデンス)により除去し、希ガスからの γ 線が感度良く測定される。演算部54では、スペクトルに基づき各核種の濃度が演算され、判定部56では燃料棒の異常の判定と半減期の異なる少なくとも2つの核種の濃度比に基づくリークの度合いの判定とが行われる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 原子炉内部で発生したガスが導入されるガスチェンバ近傍に設けられた放射性ガスモニタにおいて、

前記ガスチェンバを挟んで対向配置され、前記ガスチェンバからの γ 線を検出する一対の放射線検出器と、
前記一対の放射線検出器で γ 線の同時検出が行われた場合に、それを ^{13}N から出る陽電子の消滅により生ずる511keVの γ 線とみなして検出結果から除外する信号処理回路と、

を含み、

核分裂生成物である希ガスから出る γ 線の感度を向上させたことを特徴とする放射性ガスモニタ。

【請求項2】 原子炉内部で発生したガスが導入されるガスチェンバ近傍に設けられた放射性ガスモニタと、
前記放射性ガスモニタからの出力信号に基づいて原子炉内部の燃料棒の異常を監視する異常監視部と、
を有する燃料棒監視装置であって、
前記放射性ガスモニタは、

前記ガスチェンバを挟んで対向配置され、前記ガスチェンバからの γ 線を検出する一対の放射線検出器と、
前記一対の放射線検出器で γ 線の同時検出が行われた場合に、それを ^{13}N から出る陽電子の消滅により生ずる511keVの γ 線とみなして検出結果から除外する信号処理回路と、

を含み、

前記異常監視部は、

前記放射性ガスモニタからの出力信号に基づいて核分裂生成物である希ガスの濃度を演算する濃度演算手段と、
前記希ガスの濃度に基づいて燃料棒の異常を判定する異常判定手段と、

を含むことを特徴とする燃料棒監視装置。

【請求項3】 請求項2記載の装置において、

前記燃料棒監視装置は、

前記放射性ガスモニタからの出力信号に基づいて希ガスについての核種分析を行う核種分析手段と、
前記核種分析結果に従って、半減期の異なる少なくとも2つの核種の濃度からリーク度合いを判定するリーク度合い判定手段と、

を含むことを特徴とする燃料棒監視装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、原子力発電所等で利用される放射性ガスモニタ及び燃料棒監視装置に関する。

【0002】

【従来の技術及びその課題】エネルギー需要が年々増加する中で、核分裂によりエネルギーを取り出す原子力発電所は欠かせない存在となっている。原子力の平和利用を推進するためにより安全な設備が要望されている。

【0003】原子炉内には多数の燃料棒が挿入されており、その燃料棒内での核分裂によりそれを取り囲む冷却水に熱が伝達され、熱サイクルが形成される。燃料棒は核分裂生成物を封じ込める第1の要となっており、それが破損することがないように万全の設計がなされている。万が一にも燃料棒が破損した場合、それによる影響が外界に生じないように二重、三重の安全システムが完備されている。

【0004】上記のように燃料棒は重要な機能を果たしており、その健全性を常に監視しておくのが望ましい。このため原子炉内部から排気されるガス（以下、オフガス）のモニタリングが行われている。従来のガスモニタは、ガスが導入されるチェンバの近傍に設けられ、ガスから出る γ 線が電離箱の電流出力として検出されている。

【0005】ところが、原子炉内での中性子の作用により酸素原子が放射化され、放射性をもった ^{13}N ガスが大量に生成される。その ^{13}N から出る陽電子の消滅により511keVの γ 線が生ずるが、上記のガスモニタでの検出はそれが支配的になってしまう。更に当該 γ 線のコンプトン散乱などが観測をより困難にする。仮に燃料棒にリークが発生し、核分裂生成物としての希ガスが発生してもそれが微量であればその γ 線を検出するのは困難で、よって現状のガスモニタ単体でリーク検出を行うのは難しい。

【0006】なお、核分裂生成物としての希ガスとしては、例えば、Xe-138、Kr-87、Kr-85、Kr-88、Kr-85m、Xe-135、Xe-133、Xe-135m、Xe-137、Kr-89、Ar-41などがあげられる。オフガス中でそれらの希ガス成分は一般に3%程度であり、残りの97%はN-13である。

【0007】本発明は、上記従来の課題に鑑みなされたものであり、その目的は、核分裂で生成された希ガスを ^{13}N ガスの存在下で測定することにある。

【0008】また、本発明の他の目的は、希ガスをモニタして燃料棒の異常を判定することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】（1）上記目的を達成するために、本発明は、原子炉内部で発生したガスが導入されるガスチェンバ近傍に設けられた放射性ガスモニタにおいて、前記ガスチェンバを挟んで対向配置され、前記ガスチェンバからの γ 線を検出する一対の放射線検出器と、前記一対の放射線検出器で γ 線の同時検出が行われた場合に、それを ^{13}N から出る陽電子の消滅により生ずる511keVの γ 線とみなして検出結果から除外する信号処理回路と、含み、核分裂生成物である希ガスから出る γ 線の感度を向上させたことを特徴とする。

【0010】上記構成によれば、原子炉（特に軽水炉）内部において酸素原子の放射化により多量の ^{13}N が生成

されても、放射性ガスとしてのオフガスの検出に当たって、 ^{13}N から放出される陽電子の消滅により生ずる511keVの γ 線を弁別検出して、検出結果から除外できる。すなわち、陽電子が消滅すると、2つの消滅 γ 線(511keV)が互いに反対方向に飛び出すので、それを互に対向配置された一対の放射線検出装置により検出してアンチコインシデンスを利用して511keVの γ 線を特定し、かつ除去するものである。希ガスに関しては基本的にそのような消滅 γ 線は観測されないの、結果として希ガスの検出感度を向上できる。なお、原子炉内部から取り出されたオフガスは、一般に原子炉内へ再び導入される。

【0011】(2)上記目的を達成するために、本発明は、原子炉内部で発生したガスが導入されるガスチェンバ近傍に設けられた放射性ガスモニタと、前記放射性ガスモニタからの出力信号に基づいて原子炉内部の燃料棒の異常を監視する異常監視部と、を有する燃料棒監視装置であって、前記放射性ガスモニタは、前記ガスチェンバを挟んで対向配置され、前記ガスチェンバからの γ 線を検出する一対の放射線検出器と、前記一対の放射線検出器で γ 線の同時検出が行われた場合に、それを ^{13}N から出る陽電子の消滅により生ずる511keVの γ 線とみなして検出結果から除外する信号処理回路と、を含み、前記異常監視部は、前記放射性ガスモニタからの出力信号に基づいて核分裂生成物である希ガスの濃度を演算する濃度演算手段と、前記希ガスの濃度に基づいて燃料棒の異常を判定する異常判定手段と、を含むことを特徴とする。

【0012】上記構成によれば、希ガスの濃度又は希ガスを構成する1又は複数の核種の濃度が測定され、その濃度に基づいて燃料棒の異常が判定される。すなわち、燃料棒の容器が欠損すると、その中に閉じこめられていた希ガスが原子炉内部へ放出されるので、それを希ガス濃度の上昇により判定し、燃料棒の異常を間接的に判定するものである。

【0013】望ましくは、前記燃料棒監視装置は、前記放射性ガスモニタからの出力信号に基づいて希ガスについての核種分析を行う核種分析手段と、前記核種分析結果に従って、半減期の異なる少なくとも2つの核種の濃度からリーク度合いを判定するリーク度合い判定手段と、を含むことを特徴とする。燃料棒に形成された穴がピンホールであれば希ガス成分中において半減期の長い核種の存在比が増加し、一方、燃料棒に形成された穴が比較的大きいものであれば希ガス成分中において半減期の短い核種の存在比が増加する。よって、半減期の異なる少なくとも2つの核種の濃度比から燃料棒に形成された穴の大きさ(リーク度合い)を推定できる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施形態を図面に基いて説明する。

【0015】図1には、本発明に係る燃料棒監視装置の好適な実施形態が示されており、図1はその全体構成を示す概念図である。この燃料棒監視装置は、原子炉、特に軽水炉から出るオフガスをモニタリングし、燃料棒の異常を検出する装置である。

【0016】図1において、原子炉から取り出されたオフガスは、ガス管10を介してガスチェンバ12内に導入される。ガスチェンバ12は、オフガスの検出効率を高めるために一定の容積を有している。ガスチェンバ12から排出されるオフガスは、原子炉内部へ再び導入される。

【0017】検出部14は、オフガスから出る放射線、特に γ 線を検出する手段であり、本実施形態において、検出部14は、ガスチェンバ12を間において互に対向配置された第1検出器16及び第2検出器18で構成される。第1検出器16はオフガス中の各核種からの γ 線を主として検出する検出器であり、第2検出器18は ^{13}N から出る陽電子の消滅により生ずる γ 線を主として検出する装置である。第1検出器16は、大別して、鉛コリメータ20と、シンチレータ22と、光電子増倍管24と、で構成される。一方の第2検出器18は、鉛コリメータ26と、シンチレータ28と、光電子増倍管30と、で構成される。

【0018】上述したように、オフガス中において ^{13}N は97%程度存在しているので、第1検出器16において単に γ 線の検出を行うと、 ^{13}N から放出される陽電子の消滅により生ずる511keVの γ 線の検出が支配的になってしまう。そこで、第1検出器16の γ 線検出における511keV γ 線の計数効率を対向する検出器とのアンチコインシデンスによる除去で1/100程度に設定するのが望ましい。そのため、第2検出器18は、できる限り ^{13}N から出る陽電子の消滅により生ずる511keVの γ 線を検出するため第1検出器16よりもより大きな計数効率を有するように設計するのが望ましい。

【0019】第1検出器16において、鉛コリメータ20は円筒形状を有しており、その内部空洞にはシンチレータ22及び光電子増倍管24が配置されている。シンチレータ22としては2インチ×2インチ程度の大きさをもったNaIシンチレータ等を用いることができる。シンチレータ22内部に γ 線が入射すると、そこで光子が発生し、それが光電子増倍管24にて検出される。

【0020】第2検出器18において、円筒形状の鉛コリメータ26の内部空洞内にはシンチレータ28と光電子増倍管30が配置されている。シンチレータ28は、例えばNaI、CsI、BGOのような無機シンチレータが用いられ、あるいはプラスチックシンチレータが用いられる。この場合、無機シンチレータとしては10～15センチメートル程度の深さをもたせるのが望ましく、プラスチックシンチレータを用いる場合、50セン

チメートルぐらいの深さをもたせるのが望ましい。例えば、シンチレータ28としては4インチ×3インチの大きさを持ったCsIシンチレータを用いるのが望ましい。

【0021】いずれにしても第1検出器16においては、上述した511keVの γ 線によるパイルアップ等を考慮して広いエネルギー範囲に渡って γ 線の検出が行われるように設計する必要がある。一方、第2検出器18においては上記の511keVの γ 線をできる限り検出するように検出器を構成するのが好ましい。

【0022】高電圧電源32は、光電子増倍管24に対して高電圧の電源を供給する装置である。光電子増倍管24から出力される検出パルスは、アンプ34によって増幅された後に波高弁別器36に入力され、一定の波高値以上の検出パルスのみが抽出される。その抽出された検出パルスは逆同時計数部40に入力される。一方、高電圧電源42は、光電子増倍管30に対して高電圧を供給している。光電子増倍管30から出力される検出パルスは、アンプ44によって増幅された後に、波高弁別器46に送られ、そこで一定波高値以上の検出パルスが抽出されている。

【0023】逆同時計数部40は、アンチコインシデンスを実行する回路であり、第1検出器16から出力される検出パルスと第2検出器18から出力される検出パルスが同時に入力された場合、それを計数対象から除外する回路である。上述したように、 ^{13}N から放出された陽電子が消滅すると、互いに反対方向に2つの消滅 γ 線(511keV)が生じ、それらがそれぞれ第1検出器16及び第2検出器18で検出されると、この逆同時計数部40によって当該 γ 線が特定排除される。

【0024】よって、逆同時計数部40から ^{13}N 以外の核種に対応した検出パルスが出力され、それがA/D変換器50においてデジタル信号に変換される。スペクトル測定部52では、各エネルギーごとに検出パルスの個数をカウントすることによってエネルギースペクトルを測定する。

【0025】演算部54は、測定されたスペクトルに基づき、各核種ごとの濃度を演算する回路である。その演算結果が表示部58に送られており、各核種の濃度が表示部58に表示される。例えば、オフガス中に含まれる希ガスXe-138, Kr-87, Kr-88, Ar-41, Kr-85m, Xe-135, Xe-135m, Xe-133, Xe-137, Kr-89等の濃度が表示される。

【0026】判定部56は、本実施形態においてオフガス中に含まれる希ガスの濃度あるいは希ガス中の1又は複数の核種の濃度に基づき燃料棒の異常を判定する機能と、互いに異なる2つの半減期をもった少なくとも2つの核種の濃度比に基づき燃料棒に形成された孔の大きさを推定する機能と、を有している。すなわち、燃料棒に

欠損が生じ、その結果、燃料棒内に閉じ込められていた核分裂生成物としての希ガスがオフガス中に現れた場合、希ガスの濃度が上昇するため、それを検出して、結果として燃料棒の異常を判定するものである。また、燃料棒に形成された孔が比較的小さな孔であれば比較的半減期の長い核種の濃度が相対的に上昇し、一方、燃料棒に形成された孔が比較的大きなものであれば比較的短い半減期の核種の濃度が上昇する。そこで、そのような性質を利用して半減期の差に基づく濃度比にしたがってリークの度合いを判定する。

【0027】したがって、表示部58には、上述したように各核種の濃度が表示され、これと共に必要に応じてアラームやリークの度合い等を表す数値が表示されることになる。なお、リークの度合い判定にあたっては、できる限り半減期が異なる少なくとも2つの核種の濃度を比較するのが望ましい。また、ガスチェンバ12へのオフガスの導入に当たってオフガス中の蒸気等を除去するために除湿剤等を設けるのが望ましい。

【0028】上記構成によれば、 ^{13}N の消滅 γ 線という特有の性質を利用してアンチコインシデンスにより当該 ^{13}N の影響を排除して希ガスのみを高感度に検出することが可能である。

【0029】図2には、図1に示した検出部14の構成例が示されている。円筒形のガスチェンバ12の両側には第1検出器16及び第2検出器18が設けられる。鉛コリメータ20の空洞内にはシンチレータ22及び光電子増倍管24が配置され、一方、鉛コリメータ26の内部にはシンチレータ28及び光電子増倍管30が配置される。ここで、上述したように、第1検出器16は ^{13}N から放出される陽電子の消滅により生ずる511keVの γ 線の影響を極力低減するため、鉛コリメータ20の γ 線入射開口の大きさが小さく設定されている。一方、第2検出器18においては、上述の511keVの γ 線の検出効率を高めるため、鉛コリメータ26の γ 線入射開口の大きさが大きく設定されている。

【0030】図3には、図1に示した演算部54及びその判定部56の動作がフローチャートとして示されている。S101では、測定されたスペクトルに基づき各核種ごとの濃度が演算される。S102では、判定部56において希ガス濃度あるいは1又は複数の核種の濃度に基づき燃料棒の異常が判定される。S103では、判定部56により、互いに異なる半減期を有する少なくとも2つの核種の濃度比に基づきリーク度合いが判定される。

【0031】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、核分裂で生成された希ガスを ^{13}N ガスの存在下で高感度測定することができる。よって、本発明によれば、燃料棒の異常などを的確に判定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る燃料棒監視装置の好適な実施形態を示す概念図である。

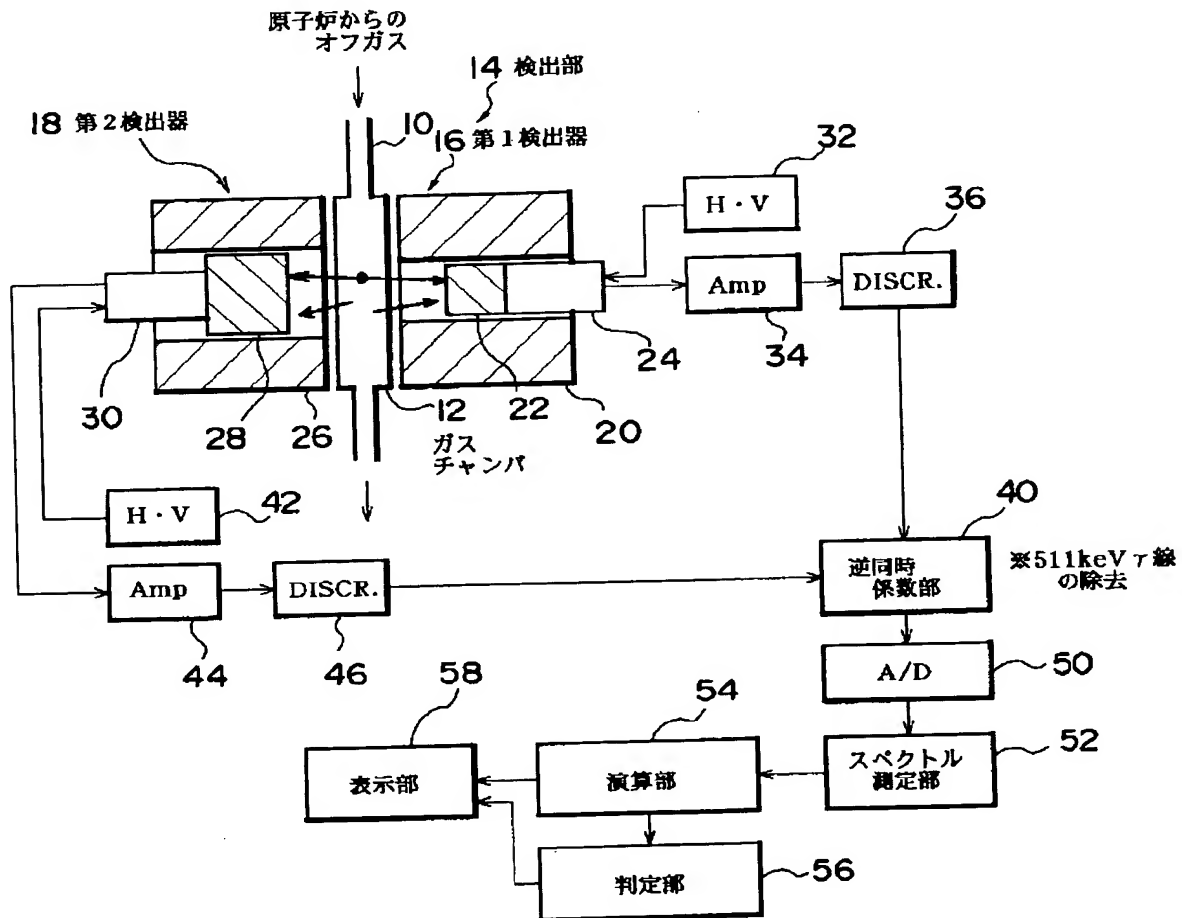
【図2】 検出部の具体的な構成例を示す図である。

【図3】 演算部及び判定部の動作を示すフローチャートである。

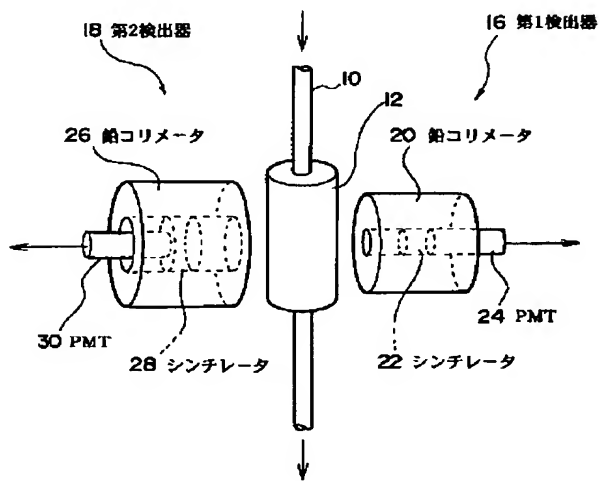
【符号の説明】

12 ガスチェンバ、14 検出部、16 第1検出器、18 第2検出器、20 鉛コリメータ、22 シンチレータ、24 光電子増倍管、26 鉛コリメータ、28 シンチレータ、30 光電子増倍管、40 逆同時係数部、52 スペクトル測定部、54 演算部、56 判定部。

【図1】



【図2】



【図3】

